

Brasília, DF / Novembro, 2025

Desempenho de cultivares de canola na safrinha em sistemas de sequeiro e irrigado no Cerrado do Distrito Federal

Bruno Galvêas Laviola⁽¹⁾, Soryana Gonçalves Ferreira de Melo⁽²⁾, Letícia Karen dos Santos⁽²⁾, Cíntia Gonçalves Guimarães⁽²⁾, Willame dos Santos Candido⁽³⁾, Simone Palma Favaro⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Agroenergia, Brasília, DF. ⁽²⁾ Bolsistas, Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

⁽³⁾ Professor, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Embrapa Agroenergia
Parque Estação Biológica
(PqEB), s/n
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br/agroenergia
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Juliana Evangelista
da Silva Rocha

Secretário-executivo

Antonio Claudio da Silva Barros

Membros

Aginaldo Rodrigues de Melo
Chaves, Alexandre Nunes
Cardoso, Diogo Keiji Nakai,
João Ricardo Moreira de Almeida,
Leonardo Fonseca Valadares,
Livia Teixeira Duarte, Rosana
Falcão e Sérgio Saraiva
Nazareno dos Anjos

Edição executiva

Cristiane Pereira de Assis

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Iara Del Fiaco Rocha
(CRB-1/2169)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

Resumo — O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de canola em sistemas de cultivo sequeiro e irrigado, em áreas agrícolas do Cerrado brasileiro, na região de Planaltina, DF, em 2021. Os experimentos foram realizados em parceria entre a Embrapa Agroenergia e a Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp), no âmbito do projeto Procanola, com foco na tropicalização da cultura. Foram avaliados umidade, peso e características dos grãos, produtividade, teor e rendimento de óleo e proteína dos grãos. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados (DBC) com esquema fatorial 2 x 3 (dois sistemas de cultivo e três cultivares de canola), com quatro repetições. O sistema irrigado apresentou maior produtividade, com destaque para a cultivar Nuola 300. A cultivar Hyola 433 obteve o maior peso de mil grãos em sequeiro. A cultivar Diamond teve desempenho superior sob irrigação. Conclui-se que o sistema irrigado é uma estratégia eficiente para o cultivo de canola no Cerrado, destacando-se a cultivar Nuola 300, com produtividade acima da média nacional. É essencial investir no melhoramento genético visando cultivares adaptadas ao Cerrado, com maior concentração de óleo e resistência à seca.

Termos para indexação: *Brassica napus* L. var. *oleifera*, tropicalização, produtividade, teor de óleo, teor de proteína.

Performance of canola cultivars in the second crop in rainfed and irrigated systems in the Cerrado of the Federal District, Brazil

Abstract — The objective of this study was to evaluate the performance of canola cultivars in rainfed and irrigated cropping systems in agricultural areas of the Brazilian Cerrado, in the region of Planaltina, Federal District, Brazil, in 2021. The experiments were carried out in a partnership between Embrapa Agroenergia and Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp), within the scope of the project Procanola, focusing on the tropicalization of the crop. Moisture content, weight and characteristics of grains, productivity, oil content and yield, and grain protein were evaluated. A randomized block design (RBD) with a 2 x 3 factorial scheme (two cropping systems and three canola

cultivars) with four replications was used. The irrigated system showed higher productivity, with emphasis on the cultivar Nuola 300. Cultivar Hyola 433 obtained the highest thousand-grain weight in rainfed conditions. Cultivar Diamond performed better under irrigation. It is concluded that the irrigated system is an efficient strategy for growing canola in the Cerrado, with emphasis on the cultivar Nuola 300, which reached productivity above the national average. It is essential to invest in genetic improvement aiming at cultivars adapted to the Cerrado, with greater oil concentration and resistance to drought.

Index terms: *Brassica napus* L. var. *oleifera*, tropicalization, productivity, oil content, protein content.

Introdução

A transição global para fontes de energia renováveis tem despertado interesse na produção de biodiesel, em razão dos benefícios ambientais e da capacidade de reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa desse biocombustível, quando comparado ao diesel convencional (Esmi et al., 2024). O biodiesel pode ser obtido por óleos vegetais, óleos residuais e gorduras, sendo sempre importante a diversificação de matérias-primas (Feitosa et al., 2010), além destas pode ser produzido a partir de algas, especialmente microalgas. Nesse contexto, o óleo de canola destaca-se como uma opção promissora, com potencial também para produção de combustível sustentável de aviação (SAF) e diesel verde, ou diesel renovável (Costa et al., 2024). O óleo de canola é o terceiro do tipo vegetal mais produzido no mundo; a planta apresenta teor de óleo entre 40 e 45%. Seu subproduto, o farelo, é amplamente utilizado na alimentação animal por seu alto teor de proteínas (Kirkegaard et al., 2021).

Em 2023 e 2024, os principais produtores globais de canola foram a União Europeia, o Canadá, a China e a Índia. A União Europeia lidera com uma produção estimada em 20 milhões de toneladas, seguida pelo Canadá, com 18,8 milhões de toneladas. A China e a Índia ocupam a terceira e a quarta posições, com produções de 15,4 milhões e 12 milhões de toneladas, respectivamente. Outros produtores relevantes, como Austrália, Rússia, Alemanha, França, Chile e Paraguai, também contribuem de forma significativa para o suprimento mundial de canola, utilizado principalmente na produção de óleo vegetal e biocombustíveis (Estados Unidos, 2024; FAO, 2024).

No Brasil, a área cultivada alcançou 138,7 mil hectares, com produção de 203,3 mil toneladas e produtividade média de 1.466 kg ha⁻¹. Os estados de maior destaque na produção são o Rio Grande do Sul e o Paraná (Conab, 2024). Portanto, o Brasil apresenta potencial para se tornar um importante produtor global de canola, especialmente em

regiões onde a soja é amplamente cultivada e tem alta produtividade na safra principal.

A canola poderia ocupar áreas na segunda safra (safrinha), especialmente em áreas do Cerrado no Centro-Oeste. Esse bioma brasileiro apresenta imensa relevância social e ambiental, destacando-se pela biodiversidade e por ser reconhecido como uma reserva agrícola e uma área de expansão (Mijone et al., 2019).

De acordo com dados da Conab (2024), o Brasil cultivou, em 2024, um total de 46.029,8 milhões de hectares de soja, dos quais 38.233,9 milhões estão localizados na região Centro-Oeste. Estima-se que, ao se incorporar a canola em apenas 10% das áreas de soja na safrinha, seria possível destinar 4 milhões de hectares ao cultivo dessa oleaginosa, elevando a produção nacional em até 50 vezes. Outro fator positivo é o baixo investimento inicial em equipamentos agrícolas e industriais, uma vez que a canola pode utilizar os mesmos equipamentos da soja, com algumas adaptações e regulagens.

A canola, originalmente adaptada a climas temperados, é cultivada principalmente em latitudes entre 35° e 55° e em altitudes de até 600 m (Tomm et al., 2005). No entanto, no Brasil, apesar de a produção de canola estar concentrada na região Sul, estudos realizados para a tropicalização dela têm apresentado resultados promissores (Tomm, 2007; Tomm et al., 2009; Fuzaro et al., 2019; Laviola et al., 2019; Guiducci et al., 2020; Guimarães et al., 2020; Araújo et al., 2021). Ademais, a introdução da canola em baixas latitudes (entre -6° e -15°), em clima tropical, é uma iniciativa inédita no Brasil.

Embora a canola seja comumente cultivada em sistemas agrícolas de sequeiro na maior parte do mundo, o rendimento dos grãos e do óleo geralmente aumenta com o aumento da disponibilidade de água. No entanto, ela é mais sensível ao estresse hídrico durante a fase de floração, sendo menos afetada durante os estágios vegetativo e de enchimento de grãos (Tesfamariam et al., 2010).

O suprimento adequado de água durante o período de floração é fundamental para a produção de

óleo na canola. A baixa disponibilidade de umidade do solo durante esse estágio pode impactar negativamente a absorção de nitrogênio pela planta, reduzindo a atividade fotossintética e, consequentemente, o rendimento e a qualidade do óleo (Liyanage et al., 2022).

Portanto, com as mudanças climáticas, espera-se que a produção de canola enfrente desafios por causa da crescente escassez de água (Gültaş; Ahi, 2020). Além disso, a disponibilidade de água para irrigação em muitas regiões está se tornando escassa, pelo aumento da demanda do recurso hídrico para requisitos industriais, domésticos e ambientais (Tesfamariam et al., 2010). Assim, a adoção de um sistema de cultivo adequado, visando o uso eficiente da água disponível e a redução do impacto do estresse hídrico, pode aumentar a produção de canola em terras secas (Mohtashami et al., 2020).

Diante disso, destaca-se a importância da avaliação e seleção de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro como estratégia para a expansão da canola em regiões tropicais. Além da seleção de cultivares, a escolha do sistema de cultivo adequado desempenha um papel essencial nesse processo. O projeto Procanola, voltado para o desenvolvimento da cadeia produtiva da canola no Distrito Federal e em seu entorno, contou com a participação da Embrapa Agroenergia, em parceria com a Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp), para validar um sistema de produção sustentável. Dessa forma, este estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho de cultivares de canola em sistemas de cultivo sequeiro e irrigado, no desenvolvimento da cadeia produtiva da canola em áreas agrícolas de Cerrado, em Planaltina, DF.

Material e métodos

Os experimentos são decorrentes de parceria estabelecida entre a Embrapa Agroenergia e a Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp), situada em Planaltina, no Distrito Federal. Eles foram conduzidos em propriedades rurais integrantes do projeto Procanola. As propriedades foram organizadas conforme os produtores responsáveis: Produtor 1: Fazenda Macaxeira e Fazenda Canaã; e Produtor 2: Fazenda Benetti (Figuras 1, 2 e 3).

Os sistemas de cultivo foram conduzidos em sequeiro e irrigado por pivô central. Na Fazenda Macaxeira (sistema sequeiro) e na Fazenda Canaã (sistema irrigado), foi usada densidade de plantio de 65 plantas por metro quadrado. Já na Fazenda Benetti (sistemas sequeiro e irrigado), adotou-se uma densidade de 38 plantas por metro quadrado.

Em todas as áreas experimentais, foi realizado o plantio das cultivares Diamond, Nuola 300 e Hyola 433, em março e abril de 2021, com a colheita acontecendo entre julho e setembro de 2021. Foram realizados tratamentos culturais para o controle de insetos-praga, doenças e plantas invasoras e foram aplicados dessecantes e selantes, de acordo com a necessidade da cultura.

A região de instalação e condução dos ensaios experimentais apresenta clima tropical com inverno seco e verão chuvoso, classificado como Aw, segundo Köppen; topografia plana e solos caracterizados como Latossolo Vermelho de alto teor de argila, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Os dados climáticos referentes ao período entre a semeadura e a colheita estão apresentados na Figura 4. A precipitação pluviométrica total registrada durante o ciclo da cultura para ambos os produtores, entre a data do primeiro plantio (23 de março de

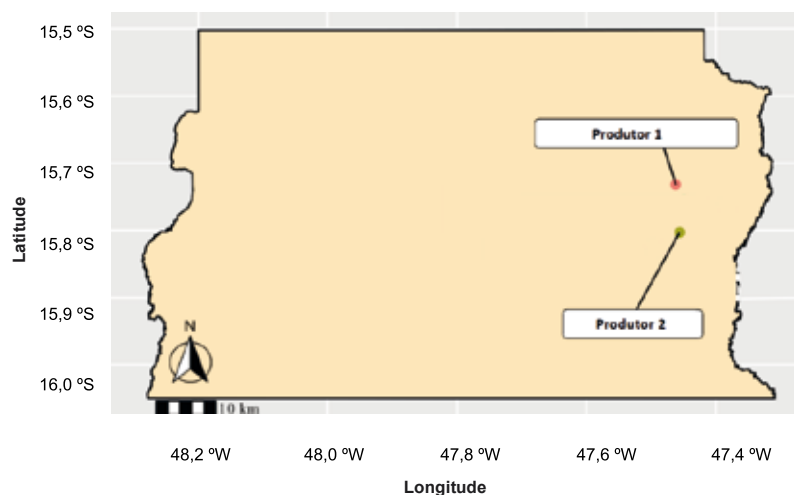


Figura 1. Localização das propriedades dos produtores cooperados da Coarp/Procanola, Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado) em Planaltina, DF.

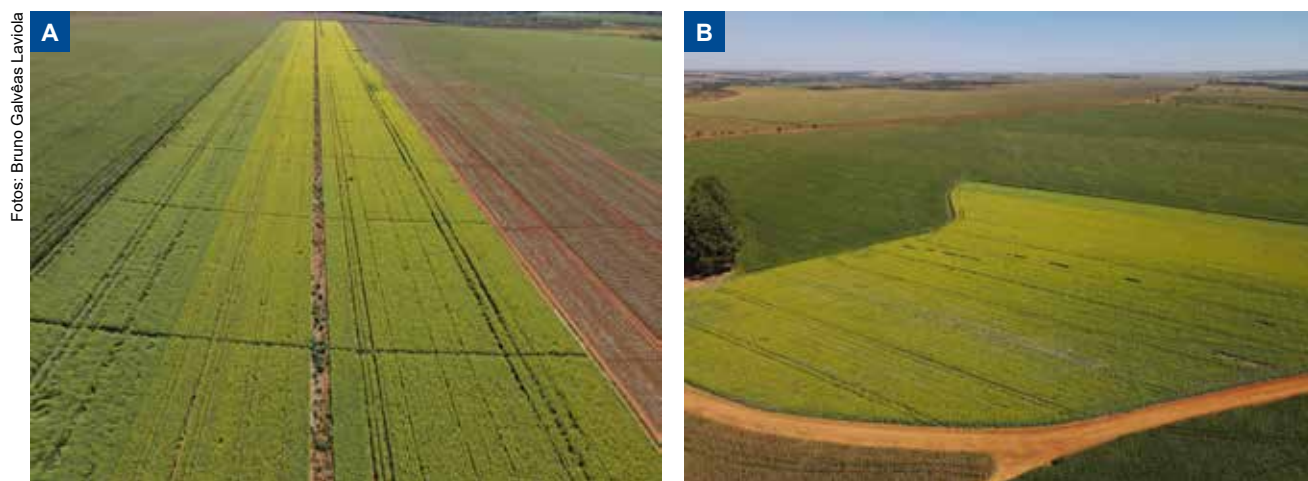


Figura 2. Vistas aéreas dos cultivos irrigado (A) e sequeiro (B) de canola na propriedade do Produtor 2 (Fazenda Benetti). Planaltina, DF.

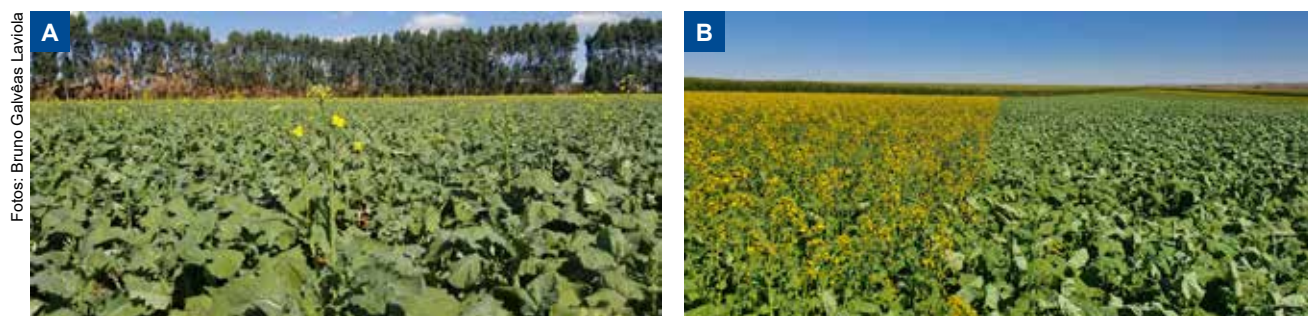


Figura 3. Florescimento da canola nos cultivos sequeiro (A) e irrigado (B) na propriedade do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado), Planaltina, DF.

2021) e da última colheita (1º de setembro 2021), foi de 142 mm (Figura 4).

O ciclo das cultivares de canola cultivadas pelo Produtor 1 e pelo Produtor 2 está representado na Tabela 1.

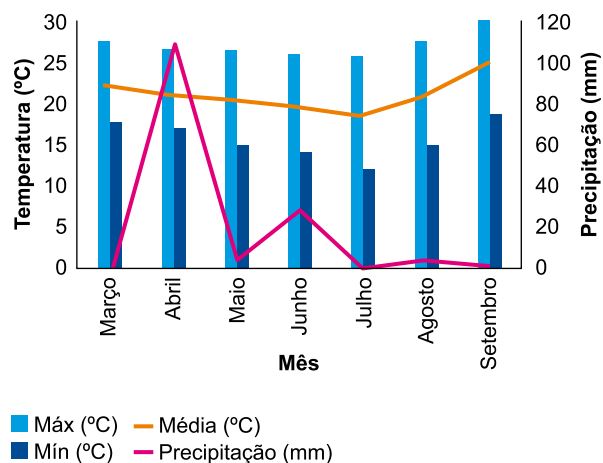


Figura 4. Precipitação pluviométrica e variação de temperatura da estação meteorológica de 2021.

Fonte: Inmet (2024).

Foram realizadas quatro amostragens aleatórias nas áreas experimentais, em área útil de 1 m², para a colheita dos grãos de canola. Após a colheita, os grãos foram separados das siliques, e todas as impurezas foram removidas. Em seguida, foram determinados a umidade, o peso de mil grãos, a caracterização do grão, a produtividade e a caracterização dos teores de óleo e proteína dos grãos.

Para a produtividade, determinou-se a pesagem total dos grãos de cada ponto amostrado e a umidade foi transformada para 10% em base úmida. Posteriormente, houve conversão para quilogramas por hectare.

A umidade foi obtida pelo método gravimétrico em estufa a 105 ± 3 °C, com circulação de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de base úmida.

Foi realizada a contagem de mil grãos obtidos dentro de cada ponto coletado para cada cultivar e para cada produtor, e posteriormente eles foram pesados em balança analítica. Os resultados foram expressos em gramas.

Tabela 1. Ciclo (dias) das cultivares dos sistemas de produção irrigado e sequeiro do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

Cultivar	Produtor 1		Produtor 2	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
Diamond	128	110	123	110
Hyola 433	135	116	131	127
Nuola 300	135	121	137	139

Para a biometria dos grãos de canola, uma única repetição do campo de cada cultivar foi retirada de forma aleatória. Utilizou-se o equipamento Estereomicroscópio Leica modelo S8 APO, com tempo de exposição de 7,2 segundos em modo de transmissão, para a tomada de imagens.

Os tamanhos dos grãos (diâmetro) (Figura 5) foram obtidos com uso do software ImageJ (USA, 1.53K), a partir das imagens obtidas no estereomicroscópio utilizando a escala calibrada. Também foi realizado o corte transversal para identificação das estruturas internas do grão (Figura 5).

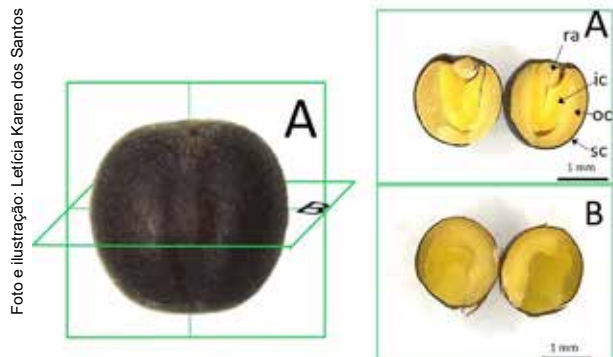


Figura 5. Corte do grão de canola no plano A e no plano B para a visualização do interior: ra = radícula; ic = cotilédone interno; oc = cotilédone externo; sc = casca da semente.

Determinou-se o teor de óleo de acordo com a norma da AOCS Am – 5-04, utilizando-se o equipamento Ankom XT15 e a bolsa de filtro Ankom XT4. A extração foi realizada com éter de petróleo em condições de elevada pressão e temperatura (American Oil Chemist Society, 2017). Os resultados foram expressos em teor de óleo % ($m\ m^{-1}$) em base seca seguindo a Equação 1:

$$\% \text{Teor de óleo base seca} = [(m1 - m2)/m3] \times 100 \quad (1)$$

em que $m1$ é a massa da amostra seca com a bolsa de filtro, $m2$ é a massa da amostra seca com a bolsa

de filtro após a extração, e $m3$ é a massa inicial da amostra úmida.

O teor de proteína bruta nos grãos foi determinado pelo método de combustão, de acordo com o método AOCS Ba 4e-93: Método de Combustão Genérico para Proteína Bruta (American Oil Chemist Society, 2012), utilizando o teor de nitrogênio total e o fator de conversão de 6,25 (Equação 2).

$$\text{Proteína bruta} = N \times 6,25 \quad (2)$$

em que N é o teor de nitrogênio (%).

O rendimento de óleo por área expressa a massa total de óleo por área cultivada (quilo de óleo por hectare) e foi determinado por meio da multiplicação do teor de óleo pelo total da massa de grãos produzida em 1 hectare.

O rendimento de proteína, que expressa a massa total de proteína por área (quilo de proteína por hectare), foi determinado por meio da multiplicação do teor de proteína pelo total da massa de grãos produzida em 1 hectare.

Os dados foram analisados em parcela subdividida, delineamento em blocos casualizados (DBC) e esquema fatorial 2 x 3 (dois sistemas de cultivo e três cultivares de canola), com quatro repetições. Os dados foram testados quanto à distribuição normal dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e à homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias obtidas para cada cultivar, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise descritiva foi realizada para as variáveis produtividade ($kg\ ha^{-1}$), rendimento de óleo ($kg\ ha^{-1}$) e rendimento de proteína ($kg\ ha^{-1}$). Para cada combinação de cultivar de canola e sistema de cultivo (irrigado e sequeiro), foi calculada a média aritmética, e as barras de erro representam o erro padrão da média, permitindo visualizar a precisão da estimativa. Foi realizada análise multivariada de componentes principais (PCA) com o objetivo de investigar a relação entre as cultivares de canola

(Diamond, Hyola 433 e Nuola 300) e os sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro). Para essa análise, foram incluídas as variáveis relacionadas ao desempenho das cultivares: produtividade (Prod), Umidade (U), peso de mil grãos (PMG), teor de óleo (TO), teor de proteína (TP), rendimento de óleo (RDOleo) e rendimento de proteína (RTProt). As análises dos dados foram realizadas no software RStudio.

Resultados e discussão

A produtividade (Tabela 2), umidade (Tabela 3), o peso de mil grãos (Tabela 4) e o teor de óleo (Tabela 5) foram influenciados tanto pelo sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) dentro de cada cultivar (Diamond, Hyola 433 e Nuola 300) quanto pela resposta das cultivares dentro de cada sistema de cultivo, para os dois produtores avaliados. Isso permitiu a análise detalhada dessas interações. Por outro lado, para o teor de proteína (Tabela 5), não houve interação significativa entre os fatores analisados, portanto, foram apresentadas apenas as médias gerais.

A Tabela 2 apresenta a produtividade (kg ha^{-1}) das cultivares Diamond, Hyola 433 e Nuola 300 sob sistemas de cultivo irrigado e sequeiro nas áreas dos Produtores 1 e 2, em Planaltina, DF.

As cultivares avaliadas apresentaram desempenhos produtivos médios variando de 745,5 a 2.982 kg ha^{-1} em sistema de cultivo sequeiro e de 2.088,3 a 3.782,1 kg ha^{-1} no irrigado (Tabela 2). Para

o Produtor 1, o sistema irrigado favoreceu a produtividade para as cultivares Diamond e Nuola 300, que alcançaram médias de 3.426,2 e 3.782,1 kg ha^{-1} , respectivamente. Além disso, a data de plantio em 16 de abril possivelmente contribuiu para o bom desempenho das cultivares. No sistema sequeiro, foi observado acamamento, o que dificultou a colheita e possivelmente comprometeu a produtividade.

Tabela 3. Umidade (%) de cultivares de canola sob sistemas de cultivo sequeiro e irrigado em áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

Sistema de cultivo	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
	Produtor 1		
Sequeiro	6,70aA	5,92aB	5,13aC
Irrigado	3,74bB	5,14bA	4,41bAB
CV (%)	10,76		
Sistema de cultivo	Produtor 2		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	7,62aA	6,37aB	6,74bB
Irrigado	5,75bB	6,74aB	7,81aA
CV (%)	11,94		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = coeficiente de variação.

Tabela 2. Produtividade (kg ha^{-1}) de cultivares de canola sob sistemas de cultivo sequeiro e irrigado em áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

Sistema de cultivo	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
	Produtor 1		
Sequeiro	1.570,7bA	1.607,1aA	1.430,4bA
Irrigado	3.426,2aA	2.088,3aB	3.782,1aA
CV (%)	26,57		
Sistema de cultivo	Produtor 2		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	745,5bB	1.107,9bB	2.982,7aA
Irrigado	2.455,9aA	2.575,4aA	3.631,9aA
CV (%)	30,95		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = coeficiente de variação.

Tabela 4. Peso de mil grãos (g) de cultivares de canola sob sistemas de cultivo sequeiro e irrigado em áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

Sistema de cultivo	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
	Produtor 1		
Sequeiro	3,35bA	3,67aA	3,42aA
Irrigado	3,97aA	3,17bB	3,60aB
CV (%)	9,81		
Sistema de cultivo	Produtor 2		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	2,85aB	3,72aA	3,32aAB
Irrigado	3,15aA	3,12bA	3,30aA
CV (%)	9,48		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = coeficiente de variação.

Tabela 5. Teor de óleo (%) e teor de proteína nos grãos (%) em base seca das cultivares de canola sob diferentes condições de cultivo para as áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

Sistema de cultivo	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
	Produtor 1 Teor de óleo (%)		
Sequeiro	36,38bA	38,59aA	38,32aA
Irigado	41,17aA	38,79aAB	36,90aC
CV (%)	4,32		
Sistema de cultivo	Produtor 2 Teor de óleo (%)		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	23,80bC	33,01bB	40,47aA
Irigado	37,97aA	38,49aA	38,26aA
CV (%)	9,98		
Sistema de cultivo	Produtor 1 Teor de proteína nos grãos (%)		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	24,14	24,09	22,69
Irigado	20,94	20,26	20,11
CV (%)	9,34		
Sistema de cultivo	Produtor 2 Teor de proteína nos grãos (%)		
	Diamond	Hyola 433	Nuola 300
Sequeiro	24,45	25,33	20,26
Irigado	22,23	23,4	21,05
CV (%)	9,30		

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = coeficiente de variação.

Além disso, a data de plantio, entre 31 de março e 1º de abril, pode ter influenciado negativamente os resultados. Para cultivar Hyola 433, a média não difere entre os sistemas irrigado e sequeiro, com médias de 2.088,3 e 1.607,1 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Já no Produtor 2, as cultivares Diamond e Hyola 433 apresentaram baixas produtividades em sistema sequeiro, com o plantio realizado em 23 de março, o que pode não ter favorecido o ciclo das cultivares (Tabela 2). Esse resultado foi atribuído à baixa cobertura do solo associada ao déficit hídrico, à má-formação dos grãos e à perda na colheita, observada em campo. No sistema sequeiro, alcançou uma produtividade média superior a 2.982,7 kg ha⁻¹, apesar das perdas de grãos causadas pela maior suscetibilidade à abertura das síliquas.

Por outro lado, não houve diferenças significativas entre os sistemas de cultivo e entre as cultivares. No entanto, a cultivar Nuola 300 apresentou a maior produtividade, com 3.631,9 kg ha⁻¹ (Tabela 2). A data de plantio, 25 de março, possivelmente favoreceu esse sistema.

De forma geral, o sistema de cultivo irrigado apresentou maiores produtividades para todas as cultivares, em ambos os produtores, destacando-se a cultivar Nuola 300, com melhor desempenho (Tabela 2). A maioria das produtividades obtidas permaneceram acima da média nacional em 2024, que foi de 1.322 kg ha⁻¹ (Conab, 2025).

Portanto, mesmo em condições de cultivo de sequeiro, os resultados evidenciaram o potencial de cultivo da canola no Cerrado, visto que a precipitação durante o ciclo da cultura foi baixa, 142 mm (Figura 4), e a canola necessita entre 300 e 500 mm de precipitação pluvial bem distribuída ao longo do ciclo. O período mais crítico da canola para o estresse hídrico ocorre durante o florescimento e o início do enchimento de grãos, mas em outras fases a escassez de água também pode comprometer o crescimento e o desenvolvimento normal da cultura, por exemplo, se ocorrer logo após a semeadura ou no início do estabelecimento da cultura (Brasil, 2021). Além disso, foi o primeiro ano de cultivo de canola nessa região, o que evidencia a possibilidade de incrementos desses valores obtidos, com os avanços das pesquisas em melhoramento genético e o aprimoramento das técnicas de cultivo.

A Figura 6 apresenta a análise descritiva da produtividade em kg ha⁻¹ dos Produtores 1 e 2 nos sistemas de cultivo sequeiro e irrigado para as cultivares Diamond, Hyola 433 e Nuola 300.

Para o Produtor 1, a cultivar Nuola 300 apresentou a maior produtividade no sistema irrigado, superando as demais. No sistema sequeiro, a produtividade foi menor para todas as cultivares, portanto, a Nuola 300 manteve desempenho superior. A análise revelou que a cultivar Nuola 300, sob sistema irrigado, apresentou maior amplitude na barra de erro, indicando elevada variabilidade entre as repetições em comparação às demais cultivares. Já as cultivares Diamond e Hyola 433 apresentaram barras de erro menores, sugerindo uma menor variabilidade na produtividade nesses sistemas de cultivo (Figura 6).

Para o Produtor 2, as cultivares Hyola 433 e Nuola 300 apresentaram produtividade semelhante no sistema de cultivo irrigado, enquanto Diamond apresentou produtividade inferior. No sistema sequeiro, todas as cultivares mostraram produtividade reduzida, com a cultivar Diamond apresentando o

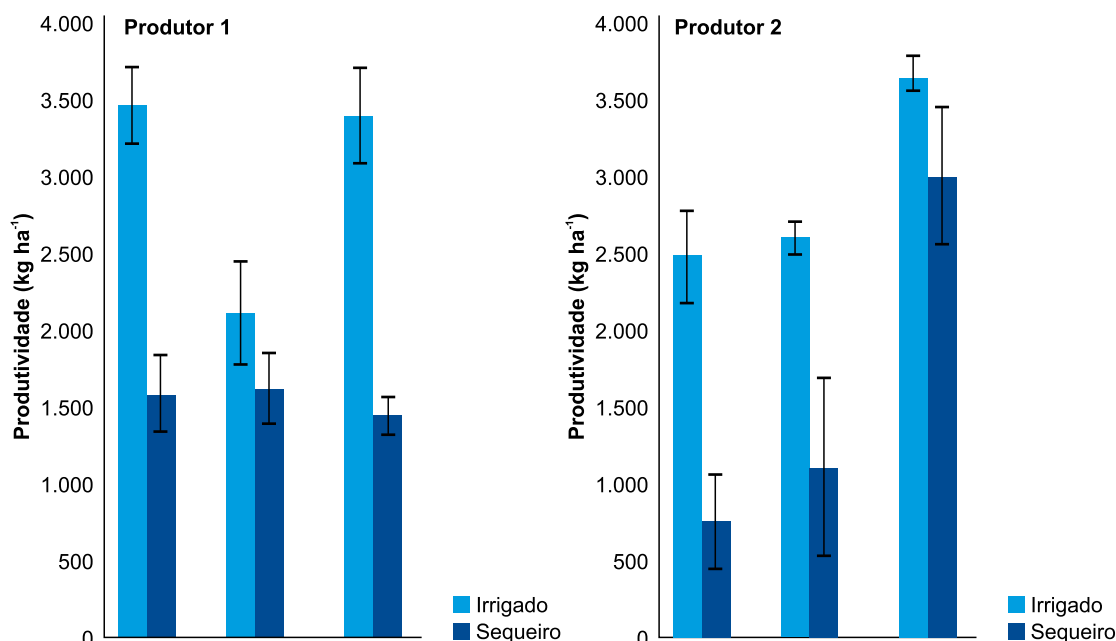


Figura 6. Média e desvio padrão da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em cultivares de canola cultivadas no Cerrado em 2021, em áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF.

menor desempenho. De forma geral, o sistema irrigado resultou em produtividades superiores para ambos os produtores. O Produtor 1 alcançou produtividades mais altas no sistema irrigado em comparação ao Produtor 2 para todas as cultivares, especialmente para a cultivar Nuola 300. Portanto, esta cultivar, no sistema sequeiro, para o Produtor 1, apresentou ocorrência de pragas, como lesmas, vaquinha, pulgão e lagarta das vagens, o que pode ter comprometido a produtividade.

As médias de umidade dos grãos variaram de 3,47 a 6,70% para o Produtor 1 e de 5,75 a 7,81% para o Produtor 2 (Tabela 3). Recomenda-se que os grãos de canola sejam armazenados com umidade de 8% após a colheita. Para as sementes de canola, o teor de até 10% é permitido para comercialização, sem penalidades (Moysey; Norum, 1975; Canola Council of Canada, 2024). O teor de água dos grãos deve ser limitado para as atividades metabólicas e o desenvolvimento de microrganismos e pragas, que são importantes agentes de deterioração dos grãos armazenados (Sinha; Muir, 1973; Silva et al., 2000).

Para o Produtor 1, no sistema de cultivo sequeiro, a umidade foi maior para a cultivar Diamond (6,7%) e menor para a Nuola 300 (5,13%), com a Hyola 433 apresentando um valor intermediário (5,92%). Já no sistema irrigado, houve uma redução significativa na umidade para todas as cultivares, comparado ao sistema de sequeiro. Neste sistema, a cultivar Hyola 433 teve a maior umidade (5,14%),

seguida pela Nuola 300 (4,41%) e pela Diamond (3,74%) (Tabela 3). A redução da umidade no sistema irrigado do Produtor 1 pode estar associada a um aceleração da maturação dos grãos, possivelmente por causa de um manejo adequado, que favoreceu um abastecimento mais eficiente e uma hidratação antecipada.

Para o Produtor 2, em sistema de cultivo sequeiro, a maior umidade foi observada na cultivar Diamond (7,62%). No sistema irrigado, a cultivar Nuola 300 apresentou a maior umidade (7,81%), diferentemente das outras duas cultivares, enquanto a Diamond teve o menor valor (5,75%) (Tabela 3).

Haeberlin et al. (2021) destacam a importância de manter baixa umidade para preservar a qualidade dos grãos de canola durante o armazenamento, especialmente por causa da dificuldade de controle constante da temperatura. Foram avaliados grãos produzidos em São Francisco de Assis, RS, armazenados com umidades entre 8 e 14% (m m^{-1}) e temperaturas de 7 a 27 °C, por 180 dias. Grãos com umidade inferior a 10% apresentaram boa conservação da qualidade em todas as temperaturas analisadas, enquanto aqueles com 14% de umidade sofreram perdas significativas, especialmente acima de 17 °C.

Os resultados do peso de mil grãos, apresentados na Tabela 4, e a biometria dos grãos (Figura 4) são parâmetros de importância para a produção agrícola, indicam qualidade e produtividade, uma

vez que grãos maiores geralmente refletem um melhor desenvolvimento.

No sistema sequeiro, para o Produtor 1, o peso de mil grãos não diferiu entre cultivares. No sistema irrigado, houve aumento no peso de mil grãos para a cultivar Diamond (3,97 g), indicando que a irrigação beneficia essa cultivar. Já a 'Hyola 433' apresentou uma redução de 3,67 g no sistema sequeiro para 3,17 g, enquanto a 'Nuola 300' manteve valores semelhantes entre os sistemas de cultivo, com 3,42 g no sistema sequeiro e 3,6 g no irrigado (Tabela 4).

No cultivo do Produtor 2, no sistema sequeiro, a cultivar Hyola 433 novamente apresentou grãos com maior peso (3,72 g), com a Diamond e a Nuola 300 apresentando pesos menores, porém não significativamente diferentes entre si. As cultivares Diamond e Nuola 300 também não apresentaram diferença significativa entre os sistemas de cultivo, portanto, a cultivar Hyola 433 apresentou média superior de 3,72 g para o sistema sequeiro (Tabela 4).

Assim, o sistema de irrigação teve efeito positivo para a cultivar Diamond, contribuindo para o aumento do peso dos grãos para ambos os produtores. A 'Hyola 433' apresentou maior peso sob sequeiro, mas a irrigação reduziu esse peso. A cultivar Nuola 300 demonstrou desempenho mais estável entre os sistemas de cultivo, sugerindo maior adaptabilidade. O rendimento em campo está associado ao peso ou à massa dos grãos. Conforme relatado por Uzun et al. (2012), em canola, as variações podem ser atribuídas a diferenças no potencial genético das cultivares e a distinções no ambiente, principalmente disponibilidade hídrica.

A caracterização biométrica dos grãos de canola está presente na Figura 7. O tamanho médio foi de 1,6 mm no sistema sequeiro e de 1,8 mm no sistema irrigado. No sistema sequeiro, a cultivar Nuola 300 produziu grãos maiores, com 1,7 mm, esféricos e de coloração preta. A cultivar de ciclo precoce Diamond apresentou um tamanho de grão médio de 1,6 mm, menor que o das outras cultivares em estudo, e uma coloração dos grãos variando de marrom-clara a preta. Já a 'Hyola 433' apresentou tamanho de grão médio igual ao da 'Nuola 300' (1,7 mm), no entanto, com maior variação entre as repetições dentro de cada produtor, e de coloração marrom-clara a preta (Figura 7). No sistema irrigado, a 'Nuola 300' e a 'Diamond' apresentaram tamanho médio igual a 1,9 mm e a 'Hyola 433', um tamanho de grão pouco menor, 1,7 mm. Neste sistema, as três cultivares estudadas apresentaram maior uniformidade no aspecto visual, com grãos esféricos e de coloração marrom a preta.

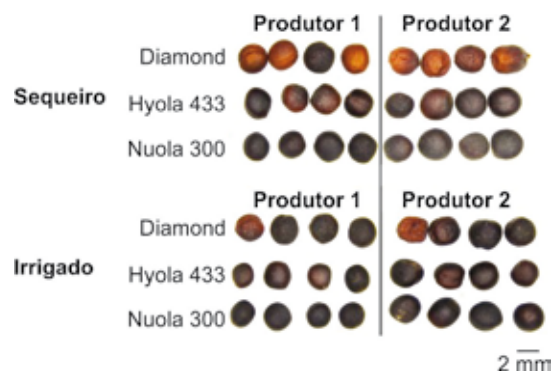


Figura 7. Grãos de canola em sistema de cultivo sequeiro e irrigado para as cultivares Diamond, Hyola 433 e Nuola 300, produzidas em Planaltina, DF.

A baixa densidade de plantio (plantas por metro quadrado) adotada pelo Produtor 2 possivelmente favoreceu a perda de água por evaporação do solo, o que, associado à baixa precipitação pluviométrica naquele período (142 mm), resultou em escassez hídrica. Esse fator compromete a disponibilidade de água para o grão durante o seu enchimento, o que pode ter levado ao abortamento do desenvolvimento e à redução da qualidade do grão (Borisjuk et al., 2013; Verboven et al., 2013).

A média geral do teor de óleo, considerando todas as cultivares, todos os sistemas de cultivo e produtores avaliados neste estudo, foi de 36,84% (Tabela 5). Globalmente, o teor de óleo nos grãos de canola varia entre 35 e 50% (m m^{-1}) (Secchi et al., 2022). Entretanto, no Brasil, os valores comumente reportados são inferiores, situando-se na faixa de 34 a 40% (m m^{-1}) (Tomm et al., 2009). Essa menor concentração evidencia tanto o potencial quanto a necessidade de se desenvolverem cultivares adaptadas e de alto rendimento, que sejam adequadas às condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro. É importante ressaltar que, no Brasil, a canola completa o ciclo em menor número de dias do que em países de clima temperado, o que pode influenciar no comprimento das fases fenológicas, principalmente no enchimento dos grãos, conferindo maior teor de óleo nos grãos.

Observou-se que o teor de óleo (%) dos grãos produzidos pelo Produtor 1 em sistema de cultivo sequeiro não variou significativamente entre as cultivares. No sistema irrigado, a cultivar Diamond apresentou aumento no teor de óleo, atingindo 41,17%, valor superior ao das demais cultivares. As cultivares Hyola 433 e Nuola 300 apresentaram teores de 38,79 e 36,90%, respectivamente. Esse aumento na cultivar Diamond sob irrigação pode estar associado ao maior fornecimento de água, que favorece o acúmulo de óleo nos grãos (Tabela 5). Resultados

semelhantes foram relatados por Dalmago et al. (2022), que identificaram que condições mais favoráveis de disponibilidade hídrica promovem uma maior síntese de lipídeos.

No caso do Produtor 2, em sistema de cultivo sequeiro, a cultivar Nuola 300 apresentou o maior teor de óleo (40,47%), seguida por Hyola 433 (33,01%) e Diamond (23,80%) (Tabela 5). Ressalta-se que o teor de 23,80% observado na cultivar Diamond reflete a forte restrição hídrica ocorrida durante o período de cultivo nessa área específica. Tal resultado não é compatível com os valores esperados para o acúmulo de óleo e difere significativamente dos valores registrados para as demais cultivares. Embora não haja uma diferença expressiva entre os sistemas de produção para o teor de óleo, pode-se verificar que a suplementação hídrica tende a favorecer o acúmulo de óleo. Nesse sentido, práticas agrícolas que promovam maior conservação de água no solo associadas, por exemplo, ao uso de bioinsumos podem melhorar o desempenho da canola em condições de estresse hídrico.

O efeito da disponibilidade hídrica sobre o teor de óleo nas cultivares Diamond e Hyola 61 foi claramente demonstrado em estudo realizado em casa de vegetação sob diferentes regimes de capacidade relativa de água no solo (Cras) e temperatura de 25 °C (Dalmago et al., 2022). No referido trabalho, os teores máximos de óleo nas cultivares Diamond (46,3%) e Hyola 61 (42,1%) foram alcançados em Cras entre 80 e 100%. Com a redução do Cras para 60%, ambas as cultivares apresentaram teor médio de óleo de 37,6%, sendo que, com Cras acima de 41,2 e 60,5%, as cultivares Diamond e Hyola 61, respectivamente, não tiveram acréscimos significativos no conteúdo desse componente. Com Cras de 40%, a 'Hyola 61' não produziu grãos, o que denota a maior suscetibilidade ao déficit hídrico dessa cultivar.

Além do óleo, os grãos de canola também armazenam proteínas, um nutriente de grande interesse comercial. O farelo resultante da extração do óleo apresenta um alto teor proteico, com características altamente desejáveis, especialmente para a alimentação animal, como excelente perfil de aminoácidos, alta digestibilidade e palatabilidade (Martineau et al., 2013). Neste estudo, o teor de proteína apresentou uma média geral de 22,41%, considerando todas as cultivares, todos os sistemas de cultivo e produtores avaliados (Tabela 5). Ressalta-se que quanto maior o teor de proteína nos grãos, maior será o teor no farelo que será comercializado após a extração do óleo.

Na propriedade do Produtor 1, as cultivares do sistema de cultivo sequeiro apresentaram valores similares de teor de proteína, com destaque para as cultivares Diamond (24,14%) e Hyola 433 (24,09%). A 'Nuola 300' teve um valor menor (22,69%). No cultivo irrigado, houve uma diminuição no teor de proteína de todas as cultivares em relação ao sistema sequeiro. A cultivar Diamond apresentou o menor valor (20,94%), seguida por Hyola 433 (20,26%) e Nuola 300 (20,11%) (Tabela 5). A diminuição do teor de proteína no sistema irrigado pode ser explicada pelo maior desenvolvimento vegetativo das plantas, que pode ter favorecido o acúmulo de óleo em detrimento das proteínas.

Já na área do Produtor 2, a cultivar Hyola 433 teve o maior teor de proteína (25,33%), seguida por Diamond (24,45%) e Nuola 300 (20,26%), no sistema de cultivo sequeiro. O teor de proteína foi próximo para todas as cultivares em sistema irrigado, com valores de 22,23% para 'Diamond', 23,4% para 'Hyola 433' e 21,05% para 'Nuola 300' (Tabela 5).

A Figura 8 apresenta o rendimento de óleo (kg ha^{-1}) e de proteína (kg ha^{-1}) para os grãos de canola em diferentes sistemas de cultivo e cultivares. Com base no rendimento médio de óleo e de proteína nos grãos de canola, observa-se que a irrigação proporciona melhores rendimentos de ambos os componentes para ambos os produtores, evidenciando a importância do fornecimento adequado de água para melhorar o desempenho das cultivares. O sistema de cultivo sequeiro reduziu os rendimentos em todas as cultivares, com maior impacto na cultivar Diamond.

O rendimento médio de óleo no sistema sequeiro foi de $684,2 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto no irrigado foi 63% superior, atingindo $1.115,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 8). A cultivar Nuola 300 apresentou maior rendimento de óleo para o Produtor 2 em sistema sequeiro, assim como maior produtividade, associando superioridade para esta cultivar.

Comparada à soja, principal commodity agrícola cultivada no Brasil durante a safra de verão (Hirakuri et al., 2018), as cultivares de canola avaliadas demonstraram potencial como alternativa de cultura oleaginosa quando cultivadas comercialmente na segunda safra no Cerrado. A soja, cujo principal objetivo é a produção de proteína para alimentação animal, tem seu melhoramento genético focado para o aumento do teor proteico dos grãos. Atualmente, as cultivares de soja no Brasil apresentam, em média, 40% de proteína e 20% de óleo (Pipolo et al., 2015), com produtividade de grãos de aproximadamente 3.560 kg ha^{-1} no Centro-Oeste (Conab, 2023). Isso

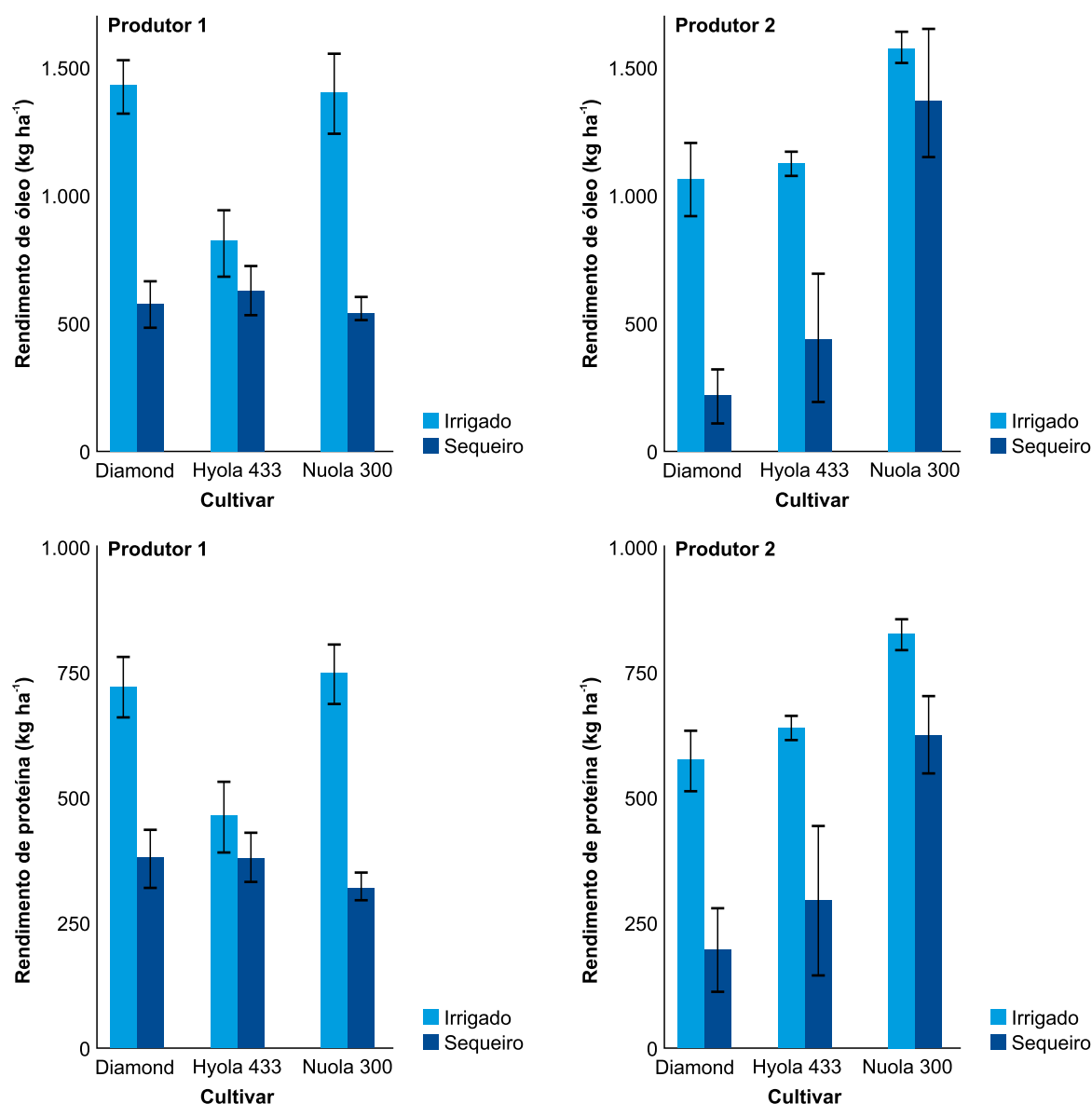


Figura 8. Rendimento de óleo e de proteína para os grãos de canola em diferentes sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) para as cultivares Diamond, Hyola 433 e Nuola 300, avaliados em áreas do Produtor 1 (Fazenda Macaxeira – sistema sequeiro; Fazenda Canaã – sistema irrigado) e do Produtor 2 (Fazenda Benetti – sistemas sequeiro e irrigado), em Planaltina, DF. As barras representam a média $\pm$ erro padrão.

resulta em um rendimento médio de 1.424 kg ha^{-1} de proteína e 712 kg ha^{-1} de óleo na safra de verão.

Em relação aos rendimentos de óleo e proteína, a canola apresentou valores próximos aos da soja, mesmo sem cultivares adaptadas especificamente para o Cerrado e sem um sistema de produção consolidado. No cultivo de verão, a soja apresenta um rendimento de 500 L ha^{-1} de óleo, enquanto a canola, na segunda safra ou no cultivo de inverno, obtém rendimento de 800 L ha^{-1} de óleo. Já sobre os teores de proteína, a canola corresponde de 30 a 50% dos obtidos pela soja. Portanto, com a consolidação das duas culturas, tem-se 1.300 L ha^{-1} por ano de óleo mais farelo.

Para identificar padrões de variação nos dados e compreender as relações entre os sistemas de cultivo sequeiro e irrigado, as cultivares Diamond, Hyola 433 e Nuola 300 e as variáveis associadas ao desempenho agrônomo, foi realizada a análise dos componentes principais. Essa abordagem reduziu a dimensionalidade dos dados, destacando as principais fontes de variação relacionadas a produtividade, umidade, peso de mil grãos, teor de óleo, teor de proteína, rendimento de óleo e rendimento de proteína (Figura 9).

Os dois primeiros componentes principais explicaram juntos 74,5% da variância total dos dados, 55,5% foram explicados pelo componente principal 1 (PC1) e 19%, pelo componente principal 2 (PC2).

(Figura 9). O PC1 (55,5%) explicou a maior parte da variabilidade dos dados, com os autovetores das variáveis produtividade e teor de óleo positivamente associados para esse eixo, enquanto o PMG apresentou maior deslocamento lateral.

O PC2 (19%) apresentou forte associação com a variável umidade, conforme direção e magnitude do vetor (Figura 9). As cultivares apresentaram diferentes padrões de agrupamento. A 'Diamond' mostrou a maior dispersão ao longo do PC1, indicando maior variabilidade em produtividade e teor de proteína e associação ao cultivo irrigado, que apresentou maiores produtividades. A 'Hyola 433' mostrou comportamento intermediário, com distribuição próxima ao centro e valores médios equilibrados

em diferentes variáveis nos dois sistemas de cultivo. Já 'Nuola 300' tende a agrupar-se em regiões com maior contribuição de umidade e rendimento de óleo, sendo mais associada ao cultivo sequeiro (Figura 9).

O sistema irrigado apresentou agrupamentos mais deslocados para valores positivos de PC1, refletindo maior produtividade e teor de proteína, enquanto o sistema sequeiro concentrou-se em valores negativos de PC1 e positivos de PC2, diminuindo e com tendência para uma menor produtividade. Assim, cultivares no sistema irrigado, como a 'Diamond', apresentaram melhor desempenho em produtividade e teor de óleo. No sistema sequeiro, a 'Nuola 300' destacou-se por características como

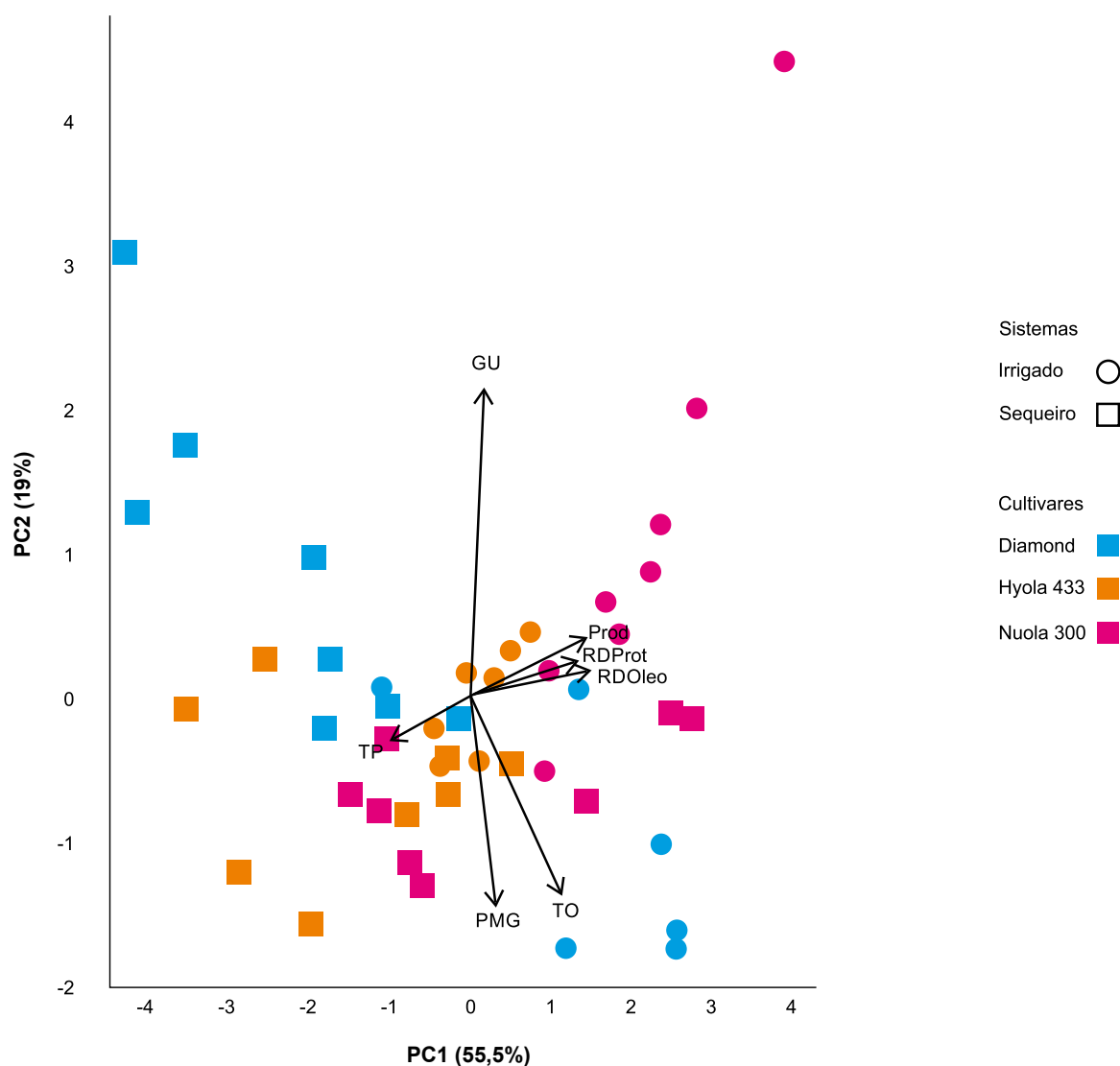


Figura 9. Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com os sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) com as variáveis produtividade (Prod), umidade (U), peso de mil grãos (PMG), teor de óleo (TO), teor de proteína (TP), rendimento de óleo (RDOleo) e rendimento de proteína (RTProt).

maior umidade e rendimento de óleo, enquanto a 'Hyola 433' manteve o comportamento mais equilibrado entre os dois sistemas (Figura 9).

No entanto, mesmo que uma cultivar comercial apresente uma alta produtividade, é essencial priorizar o melhoramento genético, visando o desenvolvimento de cultivares adaptadas à região, com alta concentração de óleo nos grãos e maior resistência à escassez hídrica.

Conclusões

- 1) As análises dos plantios comerciais de canola realizadas durante a safrinha de 2021 indicam um potencial significativo para a expansão das áreas de cultivo dessa cultura no Cerrado brasileiro em regiões de maior altitude.
- 2) O sistema de cultivo irrigado proporcionou melhor resposta da canola à maior disponibilidade de água, refletindo em maiores produtividade, peso de mil grãos e teor de óleo.
- 3) Entre as cultivares avaliadas, a Nuola 300 destacou-se pelo desempenho agrônômico superior nas condições do Cerrado.

Agradecimentos

Ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) pelo apoio financeiro; à Cooperativa Agrícola do Rio Preto (Coarp) pela participação de seus produtores rurais cooperados; ao técnico Júlio César Marana e à assistente Laíse Teixeira da Costa, ambos da Embrapa Agroenergia, pelo apoio nas atividades de campo.

Referências

- AMERICAN OIL CHEMIST SOCIETY. **AOCS Ba 4e-93**: Generic combustion method for crude protein. Urbana, 2012.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official Procedure Am - 5-04**: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. Urbana, 2017.
- ARAÚJO, L. N.; ROSADO, T. B.; RODRIGUES, E. V.; dos SANTOS, A.; LAVIOLA, B. G. Tropicalization of canola (*Brassica napus* L.): commercial hybrids show potential for cultivation in the Brazilian Cerrado. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**: UNCuyo, v. 53, n. 2, p. 20-26, 2021.
- BORISJUK, L.; NEUBERGER, T.; SCHWENDER, J.; HEINZEL, N.; SUNDERHAUS, S.; FUCHS, J.; HAY, J. O.; TSCHIERSCHE, ROLLESTCHEK, H. Seed architecture shapes embryo metabolism in oilseed rape. **The Plant Cell**, v. 25, n. 5, p. 1625-1640, 2013.
- BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Assessoria de Comunicação Social, 2009. 395 p.
- BRASIL. Secretaria de Política Agrícola. Portaria SPA/ MAPA nº 490, de 9 de novembro de 2021. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de canola, em sistema de cultivo de sequeiro, no Distrito Federal. **Diário Oficial da União**, 11 nov. 2021. Seção 1.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola encyclopedia**: Storage. Disponível em: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/storage/#footnotes>. Acesso em: 5 out. 2024.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos**: safra 2023/24: 1º levantamento. Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 1-117, out. 2023.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos**: safra 2024/25: 5º levantamento. Brasília, DF, v. 12, n. 5, p. 1-107, fev. 2025.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos**: safra 2024/25: 1º levantamento. Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 1-104, out. 2024.
- COSTA, R. C. da; TEIXEIRA, C. A. N.; MENDES, A. P. do A.; ROCIO, M. A. R. Combustível sustentável de aviação. **Conjunto BNDES**, v. 30, n. 58, p. 97-142, set. 2024.
- DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; TEIXEIRA, C. A. M. B.; PASINATO, A.; GOUVÊA, J. A.; SANTI, A. **Limites críticos do conteúdo de água no solo para a cultura da canola (*Brassica napus* L.)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. 53 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 102).
- ESMI, F.; BOAHENE, P.; DALAI, A. K. Advancements in renewable energy: Achieving milder reaction conditions in biodiesel synthesis from green seed canola oil with pristine ZIF-8. **Industrial Crops and Products**, v. 222, part 4, p. 119926, 2024.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **India rice**: MY 2025/26 record production following a bumper MY 2024/25 season. Washington, DC, 2025. 38 p. (USDA. World Agricultural Production). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Oilseeds**: World trade markets and trade. Fev. 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.
- FEITOSA, F. X.; RODRIGUES, M. L.; VELOSO, C. B.; CAVALCANTE JUNIOR, C. L.; ALBUQUERQUE, M. C. G.; SANT'ANA, H. B. Viscosities and densities of binary

mixtures of coconut + colza and coconut + soybean biodiesel at various temperatures. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 55, n. 9, p. 3909-3914, 2010.

FUZARO, L.; ANDALÓ, V.; CARVALHO, S. M.; SILVA, F.A.N., CARVALHO, F. J.; RABELO, L. S. Visitantes florais em híbridos de canola (*Brassica napus* L.) na região do Cerrado Mineiro, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, e1312018, 2019.

GUIDUCCI, R. C. N.; SABAINI, P. S.; CARDOSO, A. N.; LAVIOLA, B. G. Tropicalização da canola (*Brassica napus* L.) e inserção na cadeia produtiva de óleo vegetal: análise de cenário. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 58., 2020, Foz do Iguaçu. **Cooperativismo, inovação e sustentabilidade para o desenvolvimento rural**: anais [...]. Foz do Iguaçu: Unioeste, 2020.

GUIMARÃES, C. G.; SANTOS, A.; GOMES, E. S.; COMBY, A. C. O.; FALCÃO, R.; MARANA, J. C.; RODRIGUES, E. V.; LAVIOLA, B. G. Canola no Cerrado: performance de híbridos para incorporação no sistema de cultivo sob irrigação. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 6., 2020, Brasília, DF. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 44-48

GÜLTAŞ, H. T.; AHI, Y. Supplemental irrigation impact on yield and yield quality parameters of rapeseed. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 5, p. 4207-4218, 2020.

HAEBERLIN, L.; NUNES, C. F.; BILHALVA, N.; MEDEIROS, E. P.; PARAGINSKI, R. T. Efeitos da temperatura e do teor de água na qualidade dos grãos de canola durante o armazenamento. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 6, n. 1, p. 57-67, 2021.

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CAMPOS, L. J. M.; RAMOS JUNIOR, E. U. A cultura da soja no Brasil e metodologia utilizada para o diagnóstico. In: HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A. **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 11-22. (Embrapa Soja. Documentos, 405).

INMET. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 10 set. 2024.

KIRKEGAARD, J. A.; LILLEY, J. M.; BERRY, P. M.; RONDANINI, D. P. BERRY, P. Canola. In: SADRAS, V. O.; CALDERINI, D. F. (ed.). **Crop physiology**: Case histories for major crops. London: Academic Press, 2021. p. 518-549.

LAVIOLA, B. G.; SANTOS, A. dos; ROCHA, L. de S.; GOMES, E. S.; BORGES, M.; MENDONÇA, S.; GOUVÊA, J. A. de; RODRIGUES, E. V. **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado**,

Brasília, DF. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2019. 24 p. (Embrapa Agroenergia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).

LIYANAGE, D. W. K.; BANDARA, M. S.; KONSCHUH, M. N. Main factors affecting nutrient and water use efficiencies in spring canola in North America: a review of literature and analysis. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 102, n. 4, p. 799-811, 2022.

MARTINEAU, R. D. R. O.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1701-1714, 2013.

MIJONE, A. P.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; MAES, M. L.; PINSETTA JUNIOR, J. S. Adaptability and stability of corn hybrids in the off season across various agricultural regions in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 3, p. 1-17, 2019.

MOHTASHAMI, R.; DEHNAVI, M. M.; BALOUCHI, H.; FARAJI, H. Improving yield, oil content and water productivity of dryland canola by supplementary irrigation and selenium spraying. **Agricultural Water Management**, v. 232, 106046, 2020.

MOYSEY, E. B.; NORUM, E. R. Storage, drying and handling of oilseeds and pulse crops. In: HARAPIAK, J. T. (ed.). **Oilseed and pulse crops in western Canada**: A symposium. Calgary: Western Cooperative Fertilizers, 1975. p. 507-540.

PIPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja**: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 15 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 86).

SECCHI, M. A.; CORRENDO, A. A.; STAMM, M. J.; DURRETT, T.; PRASAD, P. V.; MESSINA, C. D.; CIAMPITTI, I. A. Suitability of different environments for winter canola oil production in the United States of America. **Field Crops Research**, v. 287, 108658, Oct. 2022.

SILVA, J. S. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores. In: SILVA, J. S. S. (ed.). **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p. 107-137.

SINHA, R. N.; MUIR, W. E. **Grain storage**: part of a system. Westport: AVI, 1973.

TESFAMARIAM, E. H.; ANNANDALE, J. G.; STEYN, J. M. Effects of water stress on winter canola growth and yield. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 2, p. 658-666, 2010.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo:

Embrapa Trigo, 2007. 68 p. (Embrapa Trigo. Sistema de Produção, 4).

TOMM, G. O.; SOARES, A. L. S.; MELLO, M. A. B. de; DEPINÉ, D. E. **Indicações tecnológicas para produção de canola em Goiás, versão 2005**. Itumbiara: Caramuru, 2005. 1 fôlder.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 113).

UZUN, B.; YOL, E.; FURAT, S. The influence of row spacing on seed yield and its components of winter sown canola in a true Mediterranean type environment. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 18, n. 1, p. 83-93, 2012.

VERBOVEN, P.; HERREMANS, E.; BORISJUK, L.; HELFEN, L.; HO, Q. T.; TSCHIERSCHE, H.; FUCHS, J.; NICOLAÏ, B. M.; ROLLETSCHEK, H. Void space inside the developing seed of *Brassica napus* and the modeling of its function. **New Phytologist**, v. 199, n. 4, p. 936-947, Sep. 2013.



Ministério da
Agricultura e Pecuária